

Läpinäkyvästä opaaliksi

Väriällisen opaalilasin käyttö muottiin puhallettaessa.

Laura Meriluoto
Materiaalitutkimusraportti
Muotoilun koulutusohjelma
Muotoilun laitos
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Aalto-yliopisto

27.3.2017

Tiivistelmä

Tutkimukseni tavoitteena oli selvittää, onko lasinpuhalluksessa käytettävien opaalistien tankovärien tarvittavaa määrää suhteessa puhallettavan kappaleen pinta-alaan mahdollista määrittää, kun halutaan saavuttaa erittäin intensiivinen ja peittävä, mutta silti valoa läpipäästävä lopputulos. Ajatus tällaisen tutkimuksen toteuttamiseen syntyi omien kokemuksieni kautta huomattuani, että lasin vaikeasti mitattavan luonteen vuoksi, sen määritteleminen millään tavalla on usein haasteellista. Halutun lopputuloksen saavuttaminen vaatii yleensä useita koepuhalluksia, joka on aikaa, rahaa ja materiaaleja vievää.

Tutkimusta varten valmistin kipsisen lasinpuhallusmuotin, jonka avulla toteutin 12 kappaleen koesarjan. Koesarjaan valitsin kolme keskenään hyvin erilaista opaalista tankoväriä, joista jokaisesta tehtiin koekappaleet neljällä eri määrällä. Tutkimustuloksia arvioitiin sekä kappaleiden valaisuvoimakkuuden, että niiden läpinäkyvyyden perusteella. Tuloksista luotiin myös kaava, jonka avulla värin määrä suhteessa puhallettavan kappaleen pinta-alaan voidaan laskea.

Tulokset osoittivat, että täydellisesti toimivan laskukaavan luominen on lasin kohdalla melko mahdotonta sen valmistamiseen vaikuttavien useiden tekijöiden vuoksi. Tutkimuksessa kävi kuitenkin ilmi, että erilaiset opaali-ärit näyttävät käyttäytyvät samalla tavalla, joten teoriassa kaava toimisi suuntaa-antavana apuvälineenä, mikäli puhallettaessa noudatetaan tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä.

Tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia on mahdollista soveltaa useisiin eri tarkoituksiin, ja saatujen tietojen perusteella muotoilijan on helpompi itse arvioida tarvittavan värin määrä halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	1
Sisällysluettelo	2
1 Johdanto	3
2 Tutkimuksen taustaa	4
3 Tutkimuksen valmistelu	5
3.1 Muotin valmistaminen	5
3.2 Värien valitseminen	6
4 Koekappaleiden valmistaminen	8
4.1 Koekappaleiden puhaltaminen	8
4.2 Valmiiden kappaleiden leikkaaminen	9
4.3 Huomioon otettavat asiat	10
5 Tulosten analysointi	11
5.1 Kappaleiden paino	11
5.2 Kappaleiden valonläpäisevyys	12
5.3 Kappaleiden läpinäkyvyys	13
5.4 Laskukaavan muodostaminen	15
6 Johtopäätökset	15
7 Lähdeluettelo	18

1 Johdanto

Tutkimuksen lähtökohtana on selvittää, onko mahdollista muodostaa kaava, jonka avulla voidaan laskea tarvittavan opaalin tankoväriin määrä suhteessa puhallettavan kappaleen pinta-alaan, jotta lopputulos on täysin peittävä. Ajatus tällaisen aiheen tutkimiseen syntyi opaalien värien haasteellisuudesta ja lasin tarkan mittaamisen vaikeudesta, jotka ovat omien opintojeni aikana tulleet minulle hyvin tutuiksi.

Tutkimus toteutettiin kolmella eri opaalivärillä kipsimuottiin puhaltaen. Jokaisesta väristä valmistettiin koekappaleet neljällä eri määrällä, jolloin tuloksena syntyi 12 kappaleen koesarja. Koesarjassani keskityin nimenomaan opaaleihin tankoväreihin, koska niillä saadaan aikaan peittävä, hyvin esimerkiksi valaisimiin soveltuva lopputulos. Opaalit värit koin kiinnostavaksi siksi, että niiden kanssa työskentely on usein läpinäkyviä värejä hitaampaa pigmentin kovuuden takia (Kazushi Nakada, henkilökohtainen tiedonanto, 5.3.2017) ja useita kappaleita tehdessä väriin määrän vaihtelu erottuu herkemmin kuin läpinäkyviä värejä käytettäessä juuri opaalien värien peittävyden vuoksi.

Tutkimuksessa käytettävät värien määrät valikoin aiempien kokemuksieni pohjalta. Arvioin silmämääräisesti millä määrällä suhteessa puhallettavan kappaleen kokoon nähden saadaan täysin läpinäkymätön lopputulos. Sen perusteella päätin loput määrät, joiden avulla todennäköisimmin löydetään rajakohta, jossa läpinäkyvä muuttuu enää valoa läpi päästäväksi. Värien valintaan vaikutti tiukan aikataulun takia se, mitä lasipajalta sattui sillä hetkellä löytymään, mutta pyrin valitsemaan keskenään mahdollisimman erilaiset värit, jotta mahdolliset väripigmenttien erot tulisivat myös ilmi.

Tutkimustuloksia analysoitiin sekä silmämääräisesti katsomalla kuinka paljon kappaleen sisällä oleva valaisin näkyy kappaleen läpi, sekä lux-mittarilla valon voimakkuutta mittaamalla. Näin sain vertailukelpoisia ja tutkimuksen tavoitteen mukaisia tuloksia.

Aion hyödyntää tutkimuksen tuloksia jatkossa omissa töissäni ja uskon niistä olevan hyötyä myös muille lasin kanssa työskenteleville muotoilijoille, esimerkiksi prototypointivaiheessa tai piensarjaa suupuhaltamalla tehtäessä.

2 Tutkimuksen taustaa

Lasinpuhalluksessa käytettävät opaaliset tankovärit tulivat minulle tutuiksi syksyllä 2016 kun toteutin yhdessä Kazushi Nakadan kanssa sarjan suunnittelemiani valaisimia. Kyseisissä valaisimissa käytettiin valkoista opaalia tankoväriä. Kuten alla olevasta kuvasta (Kuva 1.) näkyy, on valaisimia kolmessa eri koossa. Tämä osoittautui haasteeksi, sillä kaikkien kohdalla oli saavutettava samanlainen läpikuultavuusaste, jotta kokonaisuus olisi yhtenäinen. Arvioimme silmämääräisesti, kuinka paljon kuhunkin kappaleeseen valkoista tankoväriä tulimme tarvitsemaan ja kokeilun kautta löysimme lopulta halutun lopputuloksen. Haasteellisen ja aikaa vievän tällaisesta haarukoimalla tehtävästä kokeilusta teki kuitenkin se, että esimerkiksi isoimman valaisimen puhaltamiseen meni joka kerta aikaa yksi tunti ja niin suuren kappaleen työstäminen oli myös lasinpuhaltajalle erittäin raskasta.

Tällainen aikaa vievä työskentelytapa ei sinänsä ole opiskeluaikana niin suuri ongelma, mutta jos esimerkiksi haluaisin puhalluttaa kyseisiä valaisimia myyntitarkoituksiin piensarjana Suomessa, veloittavat lasinpuhaltajat n. 150-200€/h (Kazushi Nakada, henkilökohtainen tiedoksianto, 5.3.2017). Tällöin jo pelkästään oikeanlaisen lopputuloksen etsimiseen voi mennä helposti monta sataa euroa. Tästä siis syntyi ajatus, että muotoilijan työtä lasinpuhaltajan kanssa helpottaisi ja nopeuttaisi huomattavasti se, jos värien käytöstä olisi olemassa jonkinlainen laskukaava, jonka avulla pystyisi edes suuntaa-antavasti laskemaan etukäteen kuinka paljon väriä tarvitaan halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi.



Kuva 1. Huoku -valaisimet, Laura Meriluoto, 2016.

3 Tutkimuksen valmistelu

Ennen tutkimuksen toteuttamista jokainen yksityiskohta ja vaihe suunniteltiin huolella etukäteen, jotta lopputuloksena saataisiin mahdollisimman hyvin tutkimuksen tavoitteita palvelevaa informaatiota.

3.1 Muotin valmistaminen

Tutkimuksen käytännön toteutukseen liittyviä ensimmäisiä asioita oli valmistaa muotti, johon koesarja puhallettaisiin. Ihanteellisessa tilanteessa värien käyttäytymistä olisi testattu kahdella tai kolmella erilaisella muodolla, mutta koska aika oli rajallinen, päätettiin muotteja tehdä vain yksi. Tässä tutkimuksessa kokeiltavaksi muodoksi valikoitui lasille luontaisin, pyöreähkö muoto.

Valmistin tutkimusta varten kipsisen lasinpuhallusmuotin (Kuva 2.). Tekemälläni muotilla valmiin kappaleen koko tulisi olemaan halkaisijaltaan 9,5cm ja korkeudeltaan 15cm. Muotin koko määräytyi sen mukaan, mikä oli puhaltajalle pienin määrä lasia mitä hän sulatusuunista pystyy ottamaan tankovärejä käytettäessä (Kazushi Nakada, henkilökohtainen tiedoksianto 7.3.2017). Kun muotti oli tehty, tuli sen kuivua 3-5 päivää kuivassa ja lämpimässä paikassa jonka jälkeen se oli käyttövalmis.



Kuva 2. Kipsimuotti johon tutkimuksessa tehtyt koe-kappaleet puhallettiin.

3.2 Värien valitseminen

Tutkimuksen aluksi selvitin, millainen värivalikoima minulla on käytettävissäni. Koska kurssin aikataulu oli tiukka, ei värien tilaamiseen ollut aikaa vaan oli valittava niistä mitä Aalto-yliopiston lasistudion valikoimista sillä hetkellä löytyi. Kartoitin lasistudion tankovärivalikoiman ja päädyin valitsemaan kolme toisistaan mahdollisimman erilaista väriä. Tämä siitä syystä, että pigmenttien koostumus voi olla erilainen niissä käytetyistä raaka-aineista riippuen, mikä voi vaikuttaa tarvittavan pigmentin määrään ja täten tutkimustulokseen ja sen soveltuvuuteen eri opaaliväreissä.

Lasistudiolla käytetään saksalaisen Farbglasshütte Reichenbach GmbH:n tankovärejä.

Lasistudiolla saatavilla olevista väreistä valitsin kokeeseeni seuraavat:

Valkoinen	062 RW (Opal White)
Pastellinen	305 RW (Spring Green)
Kirkas	180 RW (Neon Green)

Värien valitsemisen jälkeen päätin mitkä tulisivat olemaan ne neljä määrää, joilla saataisiin aikaan vertailukelpoiset koetulokset ja löydettäisiin se raja, jossa läpinäkyvästä tulee enää läpikuultava. Kokeessa käytettävän puhallusmuotin koon perusteella päädyin siihen, että suurin käytettävä määrä tankoväriä tulisi olemaan 20mm mikä oli grammoina noin 45g. Tätä suuremmalla määrällä tuskin saavutettaisiin enää tämän kokeen kannalta hyödyllistä lopputulosta, sillä aiempien kokemuksieni perusteella pystyin arvioimaan, että tällä määrällä saataisiin aikaan jo täysin peittävä lopputulos. Suurimman määrän päätettyäni laskin loput määrät tasaisin välein sillä perusteella millä oletin määrien keskinäisten erojen olevan riittävän suuria lopullisten koekappaleiden erojen havaitsemiseksi.

Mittasin värien määrät ensisijaisesti millimetreissä koska värin määrää ei voi punnita ennen kuin tangosta on leikattu suunnilleen oikean kokoinen pala. Mittaamisen jälkeen punnitsin kappaleet. Koska tangot ovat halkaisijoiltaan eri levyisiä oli saman paksuistenkin palojen

painoissa melko paljon heittoa. Suuret heitot korjasin tarvittaessa hiomalla. Grammamäärien selvittäminen oli välttämätöntä myös sen kannalta, että tutkimus on sovellettavissa eri levyisiin tankoihin. Sen lisäksi juuri edellä mainitusta syystä, sekä aiemmin todetusta väritankojen vaihtelusta johtuen, matemaattisen laskukaavan luomiseen millimetreinä mitattu lasin määrä ei olisi ollut kovin luotettava tai jatkokäyttöön soveltuva.

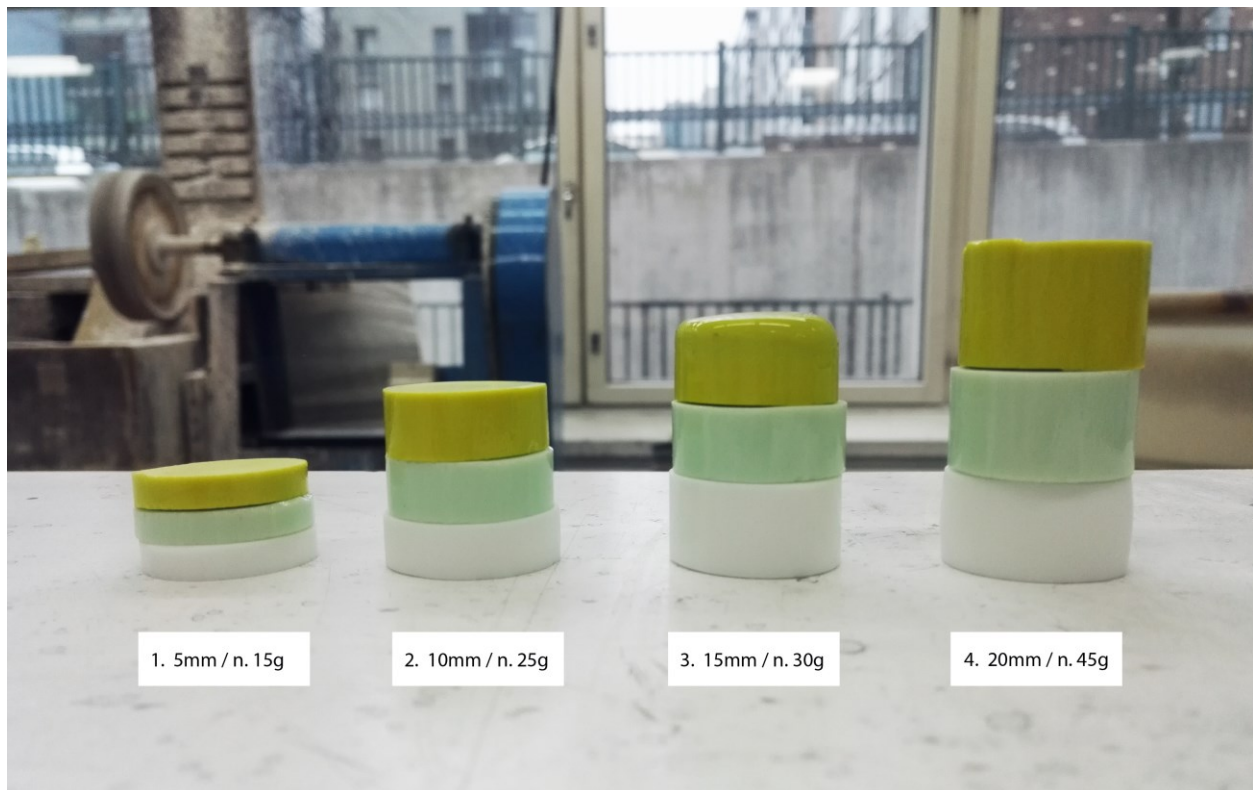
Käytettävien värien määrät rajautuivat lopulta seuraavan laisiksi (Kuva 3.):

Määrä 1. 5mm / n. 15g

Määrä 2. 10mm / n. 25g

Määrä 3. 15mm / n. 30g

Määrä 4. 20mm / n. 45g



Kuva 3. Tutkimusta varten valmistellut värinapit.

Värit alhaalta ylöspäin: Opaque White 062, Spring Green 305, Neon Green 180.

4 Koesarjan valmistaminen

Koesarja toteutettiin yhden päivän aikana kolmen henkilön yhteistyönä. Jokaisen kappaleen kohdalla kaikki työvaiheet pyrittiin toistamaan mahdollisimman samalla tavalla, virheellisten tulosten minimoimiseksi ja vertailukelpoisen koesarjan aikaansaamiseksi.

4.1 Koekappaleiden puhaltaminen

Tutkimusta varten tehdyt koekappaleet puhallettiin Aalto-yliopiston Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun lasipajalla. Koekappaleet puhalsi lasipajan harjoitusmestari Kazushi Nakada yhdessä minun ja kurssin opettajan Kirsti Taiviolan avustuksella.

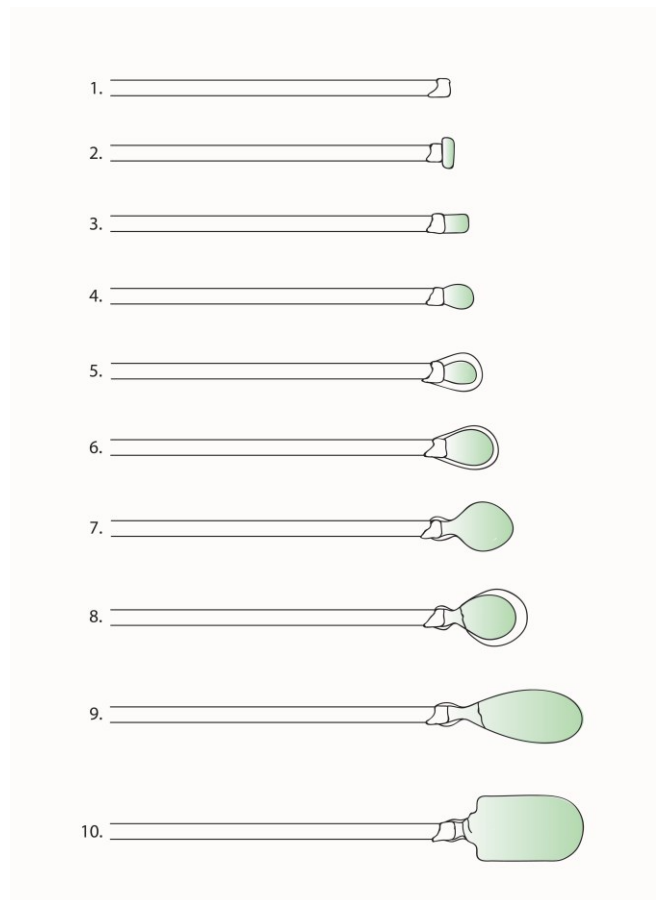
Ennen varsinaisten kappaleiden puhaltamista leikatut värinapit laitettiin lämpenemään n. 500°C asteiseen lasinjäähdytysuuniin kahdeksikymmeneksi minuutiksi, jotta ne tarttuisivat kiinni trummelissa esilämmitetyn puhalluspillin päähän. Ennen puhallusta ja puhallusten välissä kipsimuotti upotettiin kuumaan veteen. Näin muotti pysyi koko ajan kuumana ja puhalluspinnat märkinä. Nämä kaksi seikkaa ovat tärkeitä siksi, että jos muotti on kylmä, jäähtyy myös lasi nopeammin jolloin se voi haljeta lämpöshokin seurauksena herkemmin, ja jos muotti ei ole märkä siihen puhallettaessa niin kuuma lasi pääsee suoraan kosketukseen kipsin kanssa jolloin muotin pinta palaa nopeasti rikki eikä muotti kestä kuin muutaman puhalluksen. Koska puhallettava kappale oli niin pieni, käytettiin puhalluspillinä kaikista pienintä pilliä, joka on halkaisijaltaan 1,5cm.

Kappaleet puhallettiin siten, että ensin kuuman pillin päähän, jossa oli puoliposti eli hyvin pieni määrä lasia, kerättiin uunista värinappi, jonka jälkeen se muotoiltiin ja siihen puhallettiin pieni aloituskupla. Tämän jälkeen värillisen aloituksen päälle kerättiin kaksi kertaa kirkasta lasia, joka molempien keräysten jälkeen muotoiltiin kuupan ja pihtien avulla (Kuva 4.). Kun kupla oli puhallettu riittävän suureksi, heilutettiin pilliä vielä hetki pysty asennossa, jotta kupla menisi pitkulaisemmaksi ja täten muottiin sopivammaksi.

Puhaltamisen jälkeen valmiit kappaleet asetettiin jäähdytysuuniin jäähtymään seuraavaan päivään. Ennen uuniin laittoa kappaleet merkattiin vielä numeroin lasin pintaan sulavan kumin avulla, jotta ne olisi helpompi tunnistaa. Lasipajan muiden käyttäjien vuoksi minun oli myös varmistettava, että pääsen itse purkamaan uunin seuraavana päivänä.

Puhalluksen vaiheet (Kuva 4):

1. Aloitustilanne
2. Värinappi kerätään pillin päähän
3. Värinappi muotoillaan pillin pään mukaiseksi plootulla rullaten
4. Muotoiltuun väriin puhalletaan aloituskupla
5. Kerätään ensimmäinen kerros kirkasta lasia
6. Muotoillaan massa kuupan avulla ja puhalletaan lisää
7. Tehdään pihtien avulla kaula
8. Kerätään toisen kerran kirkasta lasia
9. Muotoillaan sanomalehdellä ja puhalletaan, ennen muottiin menoa annetaan vielä venyä hieman pitkulaiseksi
10. Kappale muottiin puhaltamisen jälkeen



Kuva 4. Lasinpuhalluksen vaiheet tankovärejä käytettäessä.

4.2 Valmiiden kappaleiden leikkaaminen

Kun koekappaleet oli puhallettu ja otettu uunista oli kylmätyöstön vuoro. Leikkasin ja viimeistelin kaikki kappaleet Aallon lasipajalla timanttisahan ja nauhahiomakoneen avulla. Koekappaleiden leikkaamisessa käytin apuna valmistamani kipsimuotin toista puoliskoa, jolloin sain tuettua kappaleet täydellisesti leikkaamista varten (Kuva 5.). Koska olin suunnitellut etukäteen, minkälaisella valolla tulen koekappaleita tutkimaan, päätin jättää kappaleet melko korkeiksi ja leikata niistä vain välttämättömät osat pois.



Kuva 5. Koekappaleiden leikkaaminen timanttisahalla kipsimuottia apuna käyttäen.

4.3 Huomioon otettavia asioita

Kuten edellä on jo mainittu, vaikuttaa lasinpuhallustuloksiin aina useat seikat. Mikäli tämän kokeen haluaisi toteuttaa uudelleen tai soveltaa sitä omiin tarkoituksiin, täytyy huomioida että lopputulokseen vaikuttavat ainakin seuraavat asiat:

- * Lasinpuhaltaja
- * Käytettävän puhalluspillin koko
- * Puhallettava muoto
- * Värin keräystekniikka
- * Varsinaisen kappaleen ulkopuolelle jääneen värin määrä.

5 Tulosten analysointi

Koetuloksia analysoitiin kolmella eri menetelmällä, ja niiden pohjalta muodostettiin suuntaa antava laskukaava tarvittavan tankovärin määrän selvittämiseksi. Tulokset antoivat sekä heti hyödynnettävissä olevaa uutta tietoa opaalistien tankovärien käytöstä, että myös paljon ajatuksia jatkotutkimusten toteuttamiseen liittyen.

5.1 Kappaleiden paino

Ennen kappaleiden leikkaamista jokainen niistä punnittiin muiden tulosten analysoinnin tueksi. Optimaalisessa koetilanteessa kaikki kappaleet olisivat saman painoisia, mutta ihmisen puhaltaessa lasia tämä on käytännössä lähes mahdotonta. Painot selvittämällä pysyttiin tarkistamaan, onko sillä voinut olla vaikutusta lopputulokseen, mikäli jonkun kappaleen läpinäkyvyydessä olisi epäselvä poikkeama.

Kuten käy ilmi (Taulukko 1.), on puhallettujen kappaleiden painoissa suuriakin heittoja. Kirkkaan lasin määrä kappaleessa ei käytännössä vaikuta siihen, kuinka läpikuultavalta valmis kappale näyttää. Läpikuultavuus on kiinni lähinnä siitä, kuinka suuri osa väristä on onnistuttu saamaan itse kappaleeseen, ja tietysti siitä, kuinka paljon väriä kappaleessa on käytetty.

Taulukko 1. Koekappaleiden painot ennen leikkaamista.

Värikoodi	Nimi	5mm	10mm	15mm	20mm
062 RW	Opal White	441 g	355 g	444 g	460 g
305 RW	Spring Green	345 g	335 g	364 g	427 g
180 RW	Neon Green	463 g	365 g	387 g	486 g

5.2 Kappaleiden valon läpäisevyys

Jotta koekappaleista saatiin tieteellisesti verrattavissa olevaa dataa, mitattiin kappaleiden läpikuultavuutta myös niiden valonläpäisevyydellä. Mittaamisessa käytettiin Lux-mittaria, joka mittaa kappaleen valaistusvoimakkuutta pinta-ala yksikköä kohti (valostore.fi, 14.3.2017). Mittaus suoritettiin täysin pimeässä tilassa siten, että sisältäpäin valaistun kappaleen valoteho mitattiin laitteessa olevalla anturilla suoraa kappaleen pinnasta. Testissä käytettiin Led lamppua, jonka teho oli 6W ja värielämpötila 3000 Kelviniä. Lampun valaisuvoimakkuus luxeina oli 62 000 lx, eli enitenkin valoa läpi päästävät koekappaleet lähes puolittivat lampun tuottaman valotehon (Taulukko 2.).

Tulokset osoittivat sen mikä oli oletettavissakin; mitä enemmän värilasia kappaleessa on käytetty sitä vähemmän valoa se päästää lävitseen. Värien välillä oli kuitenkin yllättävänkin suuria eroja valonläpäisevyydessä, ja vähiten valoa päästi lävitseen heleän vihreä Spring Green, jonka valon läpäisevyys pienimmälläkin määrällä oli huomattavasti vähemmän kuin kahden muun käytetyn värin. Spring Green erottui muista väreistä myös sillä, että tankona se oli selkeästi mintun vihreä, mutta valmis kappale oli väritään hyvin hailakka, lähes valkoinen.

Taulukko 2. Kappaleiden valon läpäisevyys luxeina.

Käytetyn LED lampun (6W, 3000K) valaisuvoimakkuus 62 000 lx.













Värikoodi	Nimi	5mm	10mm	15mm	20mm
062 RW	Opal White	36 000 lx	29 000 lx	25 000 lx	23 000 lx
305 RW	Spring Green	12 900 lx	11 600 lx	19 800 lx	10 160 lx
180 RW	Neon Green	26 800 lx	19 740 lx	16 890 lx	11 530 lx

5.3 Kappaleiden läpinäkyvyys

Tutkimuksen tavoitteen kannalta olennaisinta oli tarkastella silmämääräisesti kunkin kappaleen läpinäkyvyyttä. Koe suoritettiin siten, että kappaleiden sisään asetettiin vuorotellen sama valonlähde, jonka avulla kappaleen läpinäkyvyyttä arvioitiin silmämääräisesti. Kaikista kappaleista otettiin myös samoilla kameran asetuksilla kuvat koetilanteessa, mutta tulokset eivät välity kuvista yhtä selkeästi kuin itse koetilanteessa.

Tulokset osoittivat, että väristä riippumatta kappaleiden läpinäkyvyys on hyvin samaa luokkaa kunkin määrän kohdalla. Kuten alla olevasta taulukosta (Taulukko 3.) kuitenkin huomaa, on Spring Greenin 15mm näytekappale täysin erilainen kuin kaksi muuta 15mm näytettä, ja yhtä läpinäkyvä kuin saman värin näyte numero yksi. Tämä johtuu siitä, että kappaleen kaulaa tehtäessä (Kuva 4. kohta 7) suuri osa väristä on jäänyt pillin puolelle, jolloin vain pieni osa väristä on siirtynyt itse kappaleeseen. Tämä on nähtävissä myös kappaleen kaulasta, kohdasta josta kappale on irrotettu pillistä (Kuva 6.). Kappaleen kaksi kaulaan verrattaessa, kappaleeseen kolme on jäänyt kolminkertainen määrä väriä (Kuva 6.), joka on aiheuttanut kyseisessä kappaleessa huomattavan poikkeaman sen läpinäkyvyyteen (Taulukko 3.). Kaikkien kappaleiden kaulaan pitäisi olla jäänyt suunnilleen sama määrä väriä, kun kappaleet on tehty samalla tekniikalla. Näin ollen Spring Greenin näyte 3 ei ole tässä tutkimuksessa vertailukelpoinen. Tämä toimii kuitenkin hyvä esimerkkinä siitä, kuinka pienistä asioista lasinpuhalluksen lopputulos on kiinni.

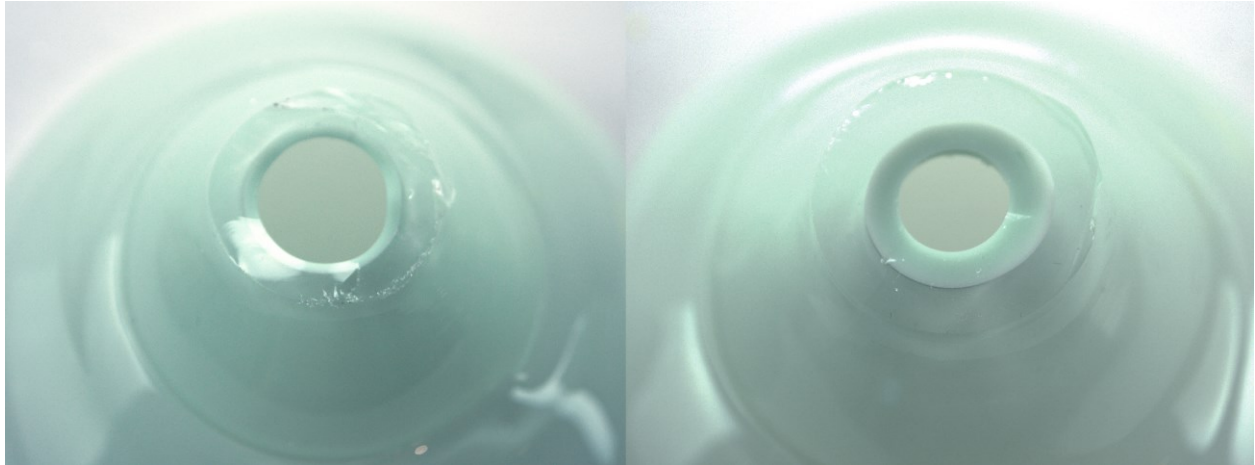
Taulukko 3. Kappaleiden läpinäkyvyys

	1. 5mm	2. 10mm	3. 15mm	4. 20mm
Opal White 062 RW				
Spring Green 305 RW				
Neon Green 180 RW				

Ainoa havaittavissa oleva muutos kappaleiden kolme ja neljä välillä on lux mittaustuloksista nähtävä valaisuvoimakkuuden väheneminen (Taulukko 2.). Vaaleammissa väreissä (Opal White ja Spring Green) valaisuvoimakkuus vähenee tasaisesti, mutta kirkkaassa värissä (Neon Green) valon läpäisevyys vähenee radikaalisti (Taulukko 2.). Sanoisin silti, että tällä tekniikalla paras lopputulos on saavutettu suurimmalla värin määrällä, koska silloin riski kappaleen läpinäkyväksi jäämiseen on pieni ja mahdollisesta liian pigmentin käytöstä aiheutuva valaisuvoimakkuuden väheneminen on tässä suhteessa pienempi haitta. Opaaleilla väreillä täysin peittävää lopputulosta tavoiteltaessa enemmän on siis parempi.

Läpinäkyvyydestin tuloksia tarkasteltaessa (Taulukko 3.) voidaan todeta, että jo 15mm määrällä kappaleista tulee melko peittäviä, mutta värin hallitsemattoman levittymisen vuoksi läpinäkyviksi jääviä kohtia on edelleen havaittavissa molemmissa vertailukelpoisissa

kappaleissa. Sen sijaan näytekappaleet joissa värin määrä oli 20mm, ovat täysin peittäviä eikä läpinäkyviksi jääneitä kohtia ole havaittavissa enää lainkaan.



Kuva 6. Spring Green näytteen 2 (vas.) ja näytteen 3 (oik.) kaulat niiden katkaisukohdasta.

5.4 Laskukaavan muodostaminen

Edellä mainittujen tietojen perusteella voidaan todeta, että tässä kokeessa tavoiteltu lopputulos saavutettiin parhaiten suurimmalla käytetyllä värimäärällä. Jotta tällaisen väri suhteen toimivuutta eri mittakaavoissa voitaisiin testata, tulee muodostaa jonkinlainen laskukaava. Ihanteellisessa tilanteessa värimäärän toimivuus eri mittakaavoissa oltaisiin voitu testata jo tämän tutkimuksen puitteissa, mutta rajallisen aikataulun vuoksi se ei ollut mahdollista.

Kuten alla olevasta taulukosta (Taulukko 4.) käy ilmi, tässä tutkimuksessa paras lopputulos saatiin, kun värin määrä suhteessa puhalletun kappaleen pinta-alaan oli 8%. Mikäli haluttaisiin siis saada täysin peittävä lopputulos, pitäisi laskea kuinka paljon 8% on puhallettavan kappaleen pinta-alasta, jolloin tulokseksi saataisiin tarvittavan opaalisien tankovärien määrä grammoina.

Taulukko 4. Värin määrä suhteessa puhallettuun kappaleeseen.

	Värin määrä prosentteina suhteessa puhalletun kappaleen pinta-alaan			
Kappaleen pinta-ala	15g (5mm)	25g (10mm)	30g (15mm)	45g (20mm)
589,4cm ²	3 %	4 %	5 %	8 %

Johtopäätökset

Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että väristä riippumatta opaalit tankovärit toimivat samalla tavalla, kun tarkastellaan lopputuloksen opaalaisuutta. Näin ollen voidaan myös olettaa, että tutkimuksessa luotu laskukaava on sovellettavissa kaikkiin opaaleihin tankoväreihin. Kuten tutkimuksessakin tapahtunut virhe (Taulukko 3. Spring Greenin näyte numero 3) kuitenkin osoittaa, on lasinpuhallus niin monesta seikasta kiinni, ettei onnistunut lopputulos ole taattu ainoastaan laskukaavaa noudattamalla. Jotta aikaan saadaan tasalaatuinen toistettavissa oleva lopputulos, on jokainen puhalluksen vaihe tehtävä tarkasti samalla tavalla. Erityisen kriittiseksi kohdaksi osoittautui kaulantekovaihe (Kuva 4. vaihe 7.), jossa on tärkeää, että väri saadaan kaulasta katsottuna kappaleen puolelle niin, että sitä jää pillin puolelle vain välttämätön määrä.

Koska tutkimuksen otanta oli tiukan aikataulun vuoksi hyvin suppea eikä kaavan toimivuutta suuremmassa mittakaavassa ehditty testata on otettava huomioon, etteivät tulokset ole välttämättä täysin päteviä. Vaikka tulokset eivät olisikaan täysin tarkkoja, on tutkimuksessa saatu tieto silti jo itsessään arvokasta ja käytännössä hyödynnettävää, koska opaalisten tankovärien käytöstä ei ole helposti saatavilla olevaa tietoa. Uskon että tutkimukseeni tutustuminen olisi hyödyksi kaikille opaalivärien kanssa työskenteleville, sillä vaikka tarkoitus olikin selvittää millä määrällä saadaan aikaiseksi täysin peittävä lopputulos, saatiin samalla myös selville, millaisia tuloksia muilla määrillä saadaan halutessa aikaiseksi. Tutkimuksessa käytetty menetelmä, jossa väri kerätään suoraa pillin päähän, on myös hyvin yleisesti

käytetty, ja näin ollen tutkimuksessa saatu tieto on helposti hyödynnettävissä (Kirsti Taiviola, henkilökohtainen tiedonanto, 21.3.2017).

Suurimmaksi kysymykseksi tutkimus jättää sen, toimiiko luotu laskukaava eri mittakaavoissa. Jatkon kannalta mielenkiintoista olisikin selvittää, onko tarvittavan värin määrä oikeasti suhteutettavissa mihin tahansa kokoluokkaan. Myös puhallettavan kappaleen muodon ja laajemman väriotannan vaikutus lopputulokseen olisi hyödyllinen tutkimuskohde, koska luonnollisestikin lasia puhalletaan mitä erilaisimpiin muotoihin, mitä erilaisimmissa väreissä. Tässä tutkimuksessa saadut tiedot luovat kuitenkin hyvän pohjan jatkotutkimuksille, ja ne ovat hyödynnettävissä jo nyt myös sellaisenaan.

Lähteet:

http://www.valostore.fi/lumen_lux_candela_integroiva_pallo/, katsottu 14.3.2017

Kazushi Nakada, Aalto-yliopiston Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun lasistudion harjoitusmestari, henkilökohtainen tiedonanto, 5.3.2017

Kazushi Nakada, henkilökohtainen tiedonanto, 5.3.2017

Kazushi Nakada, henkilökohtainen tiedonanto, 7.3.2017

Kirsti Taiviola, Aalto-yliopiston Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun tuntiopettaja, henkilökohtainen tiedonanto, 21.3.2017

Kuvat, Laura Meriluoto